

ANALISIS KEANDALAN PADA SHAFT SEAL TURBIN
(STUDI KASUS UNIT PLTA MUSI KEPAHANG-BENGKULU)

Zuliantoni

PERANCANGAN SISTEM ONLINE AUCTION PADA PERUM PEGADAIAN PEKANBARU

Susandri

SISTEM INFORMASI PEMINJAMAN BUKU PADA KANTOR PERPUSTAKAAN, ARSIP DAN
DOKUMENTASI DAERAH KABUPATEN KEPAHANG

Sapri

MEMBANDINGKAN ROUTING PROTOCOL OSPF DAN RIP UNTUK MEMPEROLEH JALUR
TERPENDEK DENGAN MENGGUNAKAN OPNET MODELER 14.0

Dwi Haryono

SIFAT-SIFAT DINAMIS BAHAN KOMPOSIT SERAT KACA-RESIN

Ahmadin

ANALISA RUGI-RUGI ALIRAN (HEAD LOSSES) PADA INSTALASI PEMIPAAN DARI
DEAERATOR KE TOP WATER BOILER TANK

Angky Puspawan

PENERAPAN ALGORITMA RUN LENGTH, HALF-BYTE, HUFFMAN UNTUK
PEMAMPATAN(COMPRES) FILE

Sastia Hendri Wibowo

SISTEM PRAKIRAAN CUACA DENGAN MENGGUNAKAN
METODE FUZZY LOGIC

Kirman

SISTEM PENGIRIMAN DIGITAL DALAM BENTUK NILAI SUHU

Yulia Darmi

MENENTUKAN KARAKTERISTIK POMPA SENTRIFUGAL

Niharman

DAFTAR ISI

1. ANALISIS KEANDALAN PADA *SHAFT SEAL TURBIN*
(STUDI KASUS UNIT PLTA MUSI KEPAHANG-BENGKULU)
Zuliantoni 733 – 742
2. PERANCANGAN SISTEM *ONLINE AUCTION* PADA PERUM
PEGADAIAN PEKANBARU
Susandri 743 – 751
3. SISTEM INFORMASI PEMINJAMAN BUKU PADA KANTOR
PERPUSTAKAAN, ARSIP DAN DOKUMENTASI
DAERAH KABUPATEN KEPAHANG
Sapri 752 – 759
4. MEMBANDINGKAN ROUTING PROTOCOL OSPF DAN RIP
UNTUK MEMPEROLEH JALUR TERPENDEK DENGAN
MENGUNAKAN OPNET MODELER 14.0
Dwi Haryono 760 – 769
5. SIFAT-SIFAT DINAMIS BAHAN KOMPOSIT SERAT KACA-
RESIN
Ahmadin 770 – 774
6. ANALISA RUGI-RUGI ALIRAN (*HEAD LOSSES*) PADA
INSTALASI PEMIPAAN DARI *DEAERATOR* KE *TOP WATER*
BOILER TANK
Angky Puspawan 775 – 786
7. PENERAPAN ALGORITMA RUN LENGTH, HALF-BYTE,
HUFFMAN UNTUK PEMAMPATAN (COMPRES) FILE
Sastia Hendri Wibowo 787 – 791
8. SISTEM PRAKIRAAN CUACA DENGAN MENGGUNAKAN
METODE FUZZY LOGICIO
Kirman 792 – 799
9. SISTEM PENGIRIMINAN DIGITAL DALAM BENTUK NILAI
SUHU
Yulia Darmi 800 – 807
10. MENENTUKAN KARAKTERISTIK POMPA SENTRIFUGAL
Niharman 808 – 811

ANALISIS KEANDALAN PADA *SHAFT SEAL TURBIN* (STUDI KASUS UNIT PLTA MUSI KEPAHANG-BENGKULU)

Oleh : Zuliantoni

ABSTRAK

Inspeksi pada system shaft seal dilakukan berdasarkan pemeriksaan harian yang telah ditentukan. System shaft seal berguna untuk mencegah terjadinya kebocoran air di turbin yaitu antara runner dan porosnya. Shaft seal ini bekerja dengan memanfaatkan tekanan air dari cooling water pump yang diambil dari draft tube untuk menekan seal sehingga tidak terjadi kebocoran. Analisis mengenai kegagalan dari mesin tersebut menggunakan parameter failure rate, MTBF, Maintainability, dan keandalan. Nilai keandalan semakin menurun dengan bertambahnya umur pakai mesin, hal ini dapat diatasi dengan melakukan perawatan secara berkala sehingga keandalan mesin tetap tinggi maka umur pakai mesin menjadi lebih panjang.

Kata kunci: shaft seal, keandalan, failure rate, MTBF

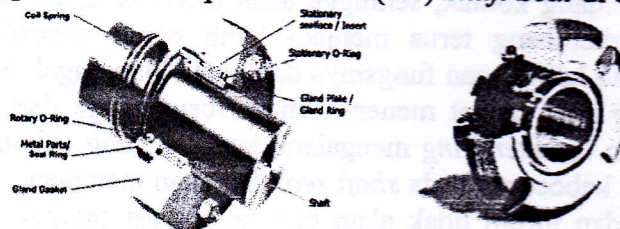
PENDAHULUAN

Sebuah mesin mempunyai banyak komponen yang bekerja pada pergerakan dengan gesekan. Pada pergerakan relatif dengan tekanan, selalu terjadi gesekan pada bidang kontak, sehingga akan merusak ketelitian komponen yang selanjutnya berkembang terus menjadi lebih parah sampai pada suatu saat komponen mesin kehilangan fungsinya dan patah atau gagal. Seperti halnya pada keausan *sliding ring* sangat menentukan performa kerja dari *shaft seal* apabila *sliding ring* dan *Counter Ring* mengalami keausan yang cukup tinggi maka akan mengakibatkan kebocoran pada *shaft seal* dan akan mengganggu sistem lain yang ada di sekitar dan turbin tidak akan bisa beroperasi sampai kebocoran tersebut diperbaiki. Kerusakan pada shaft seal dapat mengakibatkan banjir pada turbin, getaran tinggi, maupun kerusakan lainnya yang akan membutuhkan waktu yang lama untuk perbaikannya. Oleh karena pentingnya fungsi sistem Shaft Seal ini, maka akan dilakukan suatu perhitungan keandalan pada komponen ini. Adapun tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah perhitungan failure rate, MTBF, MTMA, Maintainability, MTTR, Availability, dan keandalan Shaft Seal. Mengingat ruang lingkup yang ada di PLTA Musi cukup luas dan waktu yang tersedia sangat terbatas, maka pembahasan dibatasi hanya pada Analisa keandalan pada Shaft Seal.

TINJAUAN PUSTAKA

Prinsip kerja *Shaft Seal turbin fancis*

Shaft adalah poros sebuah alat dan merupakan bagian utama dari mesin-mesin yang berputar. Buku manual mesin-mesin lebih sering menggunakan kata *shaft* dibandingkan as. Sedangkan *Seal* adalah suatu bagian dalam sebuah konstruksi alat/mesin yang berfungsi untuk sebagai penghalang/pengeblok keluar/masuknya cairan ataupun gas. Pada turbin francis *seal* yang digunakan adalah *rotary seal* atau yang juga sering disebut sebagai *shaft seal* yang berfungsi untuk mencegah terjadinya kebocoran fluida yang ada pada suatu sistem melalui *shaft* yang berputar. *Shaft seal* biasanya terdiri dari tiga komponen yaitu besi, karet, dan per (*spring*). *Shaft seal* harus tahan terhadap gesekan, karena seringkali benda yang di *seal* (*shaft*) berputar pada kecepatan yang cukup tinggi. *Shaft seal* sebaiknya mempunyai kelenturan yang baik, agar *seal* dapat mencengkram *shaft* dengan sempurna (tidak terdapat celah antara *shaft* dengan bibir *seal*), per dalam *oil seal* berfungsi sebagai penguat cengkraman bibir *seal* (*Seal lip*) terhadap *Shaft*. *Shaft seal* sebaiknya tahan terhadap pelumas/cairan yang digunakan, jika karet yang digunakan tidak sesuai, maka akan terjadi pembengkakan pada karet yang mengakibatkan terjadinya celah antara bibir *seal* dengan *shaft*, dan akhirnya terjadi kobocoran (*leaking*). *Shaft seal* sebaiknya memiliki ketahanan terhadap panas (*heat buildup*) yang baik, karena *shaft* berputar dan terjadi gesekan antara *shaft* dengan bibir *seal*, seperti pada hal lainnya, gesekan akan otomatis menimbulkan panas. Di lihat pada Gambar(2.1) *Shaft Seal* di bawah ini.



Gambar 1. *Shaft Seal*

Sliding Ring

Sliding ring adalah komponen *shaft seal* yang terletak pada bagian bawah dari *seal* yang berfungsi sebagai alat atau media bersentuhannya antara *counter ring* dengan *seal* pada bagian bawah apabila turbin sedang tidak beroperasi atau turbin baru saja diberhentikan dari pengoperasiannya.

Sliding ring ini terbuat dari material polimer *thermosetting* yaitu material yang tahan terhadap panas. Jenis polimer yang di pakai adalah polyamides (*nylons*), Polyamides (*nylons*) sangat kuat dan ulet namun *flexible*, tahan terhadap abrasi serta dimensi yang stabil, *nylon* dapat meredam air dan bahan pelarut secara umum, memiliki sifat yang baik sebagai bahan isolasi listrik (*Electrical insulation*).

Counter Ring

Counter ring adalah komponen tempat menumpuhnya *seal* apabila turbin sedang tidak beroperasi atau tidak bekerja. *Counter ring* ini terbuat dari bahan *stainless steel*, yang mengandung Khromium (Cr), Nikel (Ni) dan Molibdenum (Mo).

Alat Ukur

Alat yang digunakan pada pengukuran *Shaft Seal* masih menggunakan ukuran manual, dimana alat yang digunakan adalah mistar baja yang telah dipasang pada *cover shaft Seal*. pada mistar tersebut telah ditentukan batasan-batasan *Sliding Ring* dan *Counter Ring* yang masih dapat digunakan atau tidak.

Reliability (keandalan)

Keandalan adalah kemampuan sebuah alat untuk melaksanakan suatu fungsi yang diperlukan (tanpa kegagalan) dalam keadaan yang ditentukan untuk jangka waktu tertentu. *Realibiliti* ini sangat berkaitan dengan desain atau rancangan dari alat atau komponen mesin dimana keandalan sebuah system tergantung pada komponen yang menyusun mesin tersebut. *realibiliti* ini tidak Pernah mencapai 100% (*pernah terjadi kegagalan atau kerusakan*) dimana tingkat kersakan terjadi (λ) akan berubah-ubah pemeliharaan mesin bertujuan untuk menekan terjadinya kerusakan tidak terencana dengan total biaya perawatan dan perbaikan yang minimal.

Failure Rate (Laju Kerusakan)

Laju kerusakan adalah nilai rata-rata dari jumlah kegagalan per satuan waktu pada selang pengamatan tertentu. Satuan yang digunakan adalah per hari sehingga dapat ditulis sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{f(t)}{MTBF} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

λ = nilai kegagalan (kegagalan/hari)
 $F(t)$ = jumlah kegagalan dalam waktu T
 $MTBF$ = selang waktu pengamatan (hari)

Jika alat bekerja baik pada $t = 0$ dan tidak ada alat yang dapat bekerja selamanya tanpa rusak maka persamaan umum keandalan dapat dituliskan:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right] \dots\dots\dots(2)$$

Ini adalah deskripsi matematis dari *reliability* yang paling umum, bebas dari *distribusi failure*. Jumlah peralatan yang gagal dalam menjalankan fungsinya adalah berubah tetap terhadap waktu. Tingkat kegagalan berubah sesuai dengan umur dari sistem atau berubah sesuai dengan umur komponen dari sistem selama beroperasi Dengan bertambahnya umur peralatan, maka kemungkinan terjadinya kegagalan akan semakin besar pula.

Maintainability

Maintainability yang juga disebut *reliability recovery* berhubungan dengan dilakukannya *maintenance action* selama waktu maksimum yang tersedia (T) dan dapat ditunjukkan dengan persamaan :

$$M(T) = \int_0^T f(T) dT \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

$f(T)$ = Probability density function dari active repair time
 T = Waktu maksimum yang tersedia untuk maintenance (hari)

WAKTU RATA-RATA (MEAN TIME)

Mean Time To Failure (MTTF)

MTTF merupakan rasio dari cumulative time terhadap jumlah failure selama waktu yang diamati untuk sejumlah item yang non-repairable tapi dengan kondisi desain, lingkungan dan pemakaian yang sama. MTTF hanya digunakan pada komponen atau peralatan yang sekali mengalami kerusakan harus diganti dengan komponen atau peralatan yang masih baru dan baik. Waktu rata-rata kerusakan (MTTF) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$MTTF = \frac{1}{N_f} \cdot \sum_{i=1}^{N_f} (t_{f_i} - t_{f_{i-1}}) \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

t_f = Waktu yang diperlukan sampai terjadinya failure (hari)
 N_f = Jumlah komponen yang telah failure.

Mean Time Between Failure (MTBF)

MTBF sendiri merupakan rasio antara period of time pengamatan dengan jumlah cumulative failure untuk satu sistem selama working life time-nya masih repairable.

$$MTBF = \frac{1}{N_f} \cdot \sum_{i=N}^{N_f} (t_{f_i} - t_{f_{i-1}}) \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

t_{fi} = Wwaktu yang diperlukan sampai terjadinya failure (hari)
 N = Jumlah perbaikan
 N_f = Jumlah komponen yang telah failure.

Mean Time To Repair (MTTR)

MTTR dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$MTTR = \frac{1}{N_r} \cdot \sum_{i=1}^{N_r} t_{r_i} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

t_r = Waktu corrective maintenance yang diperlukan sampai terjadinya failure (hari)
 N_r = Jumlah corrective maintenance komponenyang telah failure

Mean Time of Maintenance Action (MTMA) atau (θ)

Mean Time of Maintenance Action (MTMA) merupakan rasio dari jumlah active repair time dengan jumlah dilakukannya active repair.

$$MTMA = \frac{1}{N_m} \cdot \sum_{i=1}^{N_m} t_{m_i} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

t_m = Active repair time (hari),

N_m = Jumlah dilakukannya *active repair*.

Availability

Availability dari suatu komponen atau sistem merupakan *probabilitas* dari kemampuan komponen tersebut untuk siap melakukan fungsinya dalam suatu *periode waktu* dan kondisi tertentu.

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

A = *Availability (%)*
 $MTBF$ = Waktu rata-rata kerusakan item yang *repairable* (hari/kerusakan)
 $MTTR$ = Waktu rata-rata perbaikan (hari/perbaikan)

Analisa Reliability System

Sistem Seri

Semua komponen dalam system dikatakan seri jika semua komponen bekerja membuat system sukses atau hanya satu kegagalan diperlukan untuk membuat system gagal.

Sistem paralel

Semua komponen dikatakan paralel jika diperlukan satu komponen bekerja membuat system sukses atau semua gagal membuat system gagal.

Sistem Standby

System terdiri dari beberapa komponen standby yang siap mengambil alih operasi jika operasi komponen utama atau normal gagal. Ada dua tipe standby system yaitu *perfect switching* dan *imperfect switching*.

Perhitungan Waktu Untuk Nilai Keandalan Tertentu

Untuk mengetahui kapan suatu nilai keandalan tertentu akan tercapai :

$$R(t) = M \cdot e^{-\lambda \cdot t} \dots\dots\dots(9)$$

dapat diubah menjadi:

$$t = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{R(t)}{M}\right) \dots\dots\dots(10)$$

Metode Forecasting (Prediksi) MTBF atau Useful Life Time (ULT)

Prediction Process untuk Cycle Life Time berikutnya setelah didapatkan N kali pengukuran (*recording*) secara *actual* T_1, T_2, \dots, T_N yang sama dengan *MTBF actual* dari 1 sampai dengan ke-N dimana yang ke (N+1) yaitu berikutnya belum diketahui. *Forecast* untuk *MTBF* yaitu pada *periode ULT* yang ke-n + 1

$$ULT_{n+1} = T_{m_n} \pm T_{sd_n} \dots\dots\dots(1)$$

1)

Analisa Failure Rate Shaft Seal

Pada *useful life time period* dimana *failure rate* konstan, maka persamaan menjadi:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

(12)

Pada persamaan diatas dimana komponennya merupakan barang yang masih baru sehingga dianggap pada keadaan 100% baik atau $R_0 = 100\%$. Sedangkan untuk komponennya barang yang sudah lama dan dalam keadaan sudah mengalami *maintenance*, maka persamaan dapat ditulis menjadi:

$$R(t) = M \cdot e^{-\lambda t}$$

(13)

dimana: R = Nilai keandalan [%]

M = Nilai keandalan setelah dilakukan *maintenance* [%]

Maintainability

Dari persamaan dengan *useful life time period* dimana *maintenance action rate* konstan didapatkan

$$M(T) = \int_0^T f(T) dT$$

(14)

dimana: λ = *Maintenance action rate* [active repair/hari]

T = Waktu maksimum yang tersedia [hari]

2.8. Hubungan MTMA Dengan Maintenance Action Rate

Useful life time period menggunakan *distribusi eksponensial* persamaan menjadi:

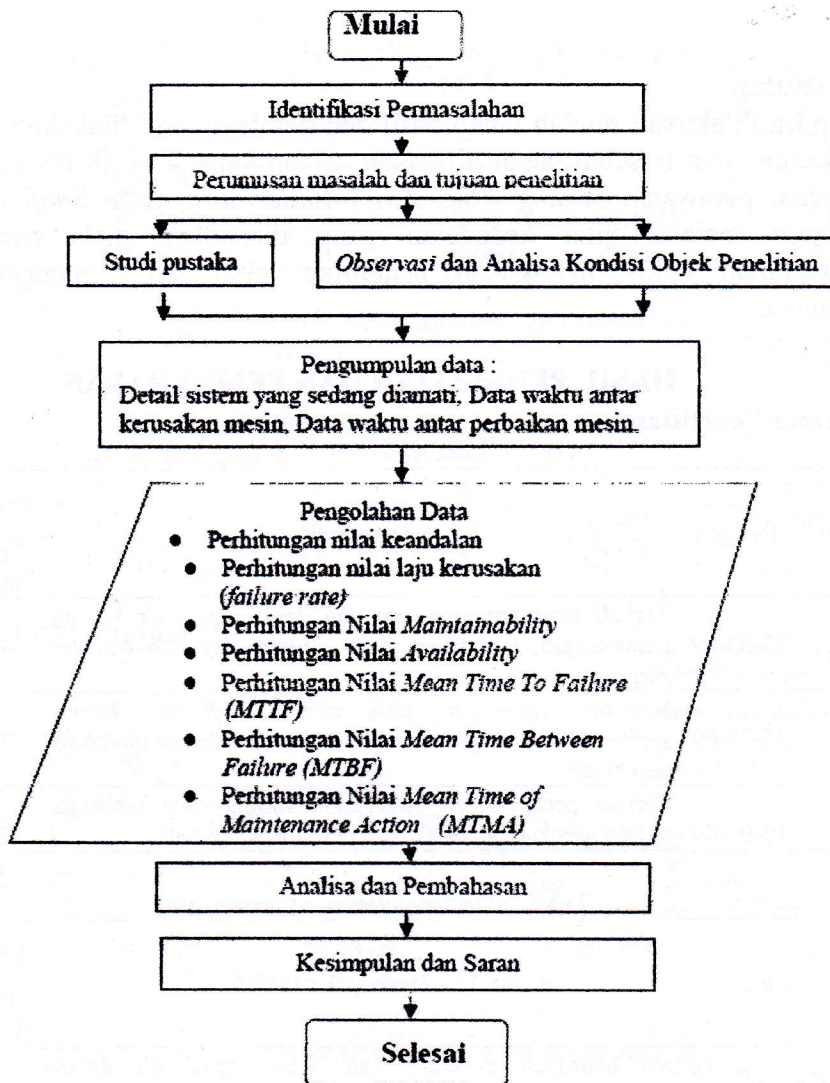
$$MTMA = \frac{1}{\mu}$$

(15)

METODE PENELITIAN

Diagram Alir

Langkah-langkah untuk memudahkan dalam melakukan penyelesaian laporan kerja praktek dituang dalam diagram alir penelitian seperti pada gambar(3.1) dibawah ini :



Gambar 2. Diagram alir penelitian

➤ Tahap Identifikasi Permasalahan

Pada tahap ini, peneliti akan melakukan identifikasi dan perumusan masalah yang terjadi pada objek penelitian dan kemudian merumuskan tujuan yang ingin dicapai pada akhir penelitian. Hal ini tentu juga didukung dengan melakukan studi literatur yang berhubungan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Untuk mendapatkan informasi atas kondisi pada objek penelitian dengan lebih mendalam dilakukan melalui analisa pada kondisi riil yang terdapat pada objek penelitian.

➤ Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Data-data yang diperlukan pada penelitian ini

diperoleh melalui pengumpulan data sekunder dan wawancara dengan pihak yang terkait dalam objek penelitian. Data-data yang terkumpul kemudian diolah sesuai dengan metode yang telah ditetapkan. Dengan diperolehnya data-data yang diperlukan selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *MTBF*, *Failure rate*, Keandalan, *MTTA*, *MTTF*, *Maintainability* dan *Avaibility* dari rumus-rumus yang ada.

➤ Penutup

Tahap ini dilakukan setelah tahap hasil dan pembahasan dilakukan. Selanjutnya dari kesimpulan tersebut dapat diberikan usulan kepada pihak perusahaan dalam mengenai perawatan *Sliding Ring* dan *Counter Ring* pada *Shaft Seal* dimana tercermin melalui nilai keandalan yang dihasilkan pada penelitian dan kemungkinan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai Analisa keandalan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

• Data Penelitian

Tabel 1. Data maintenance *Sliding Ring*

No	Tanggal	Deskripsi	Repair Time (hours)	Eff.Re pair Time
1	03-03-09	Terjadi peurunan <i>pressure</i> dan debit <i>suplai</i> air karena pemasangan, perbaikan, pada <i>sliding ring</i> dan <i>counter ring</i> .	32	32
2	25-05-09	Kualitas <i>suplai</i> air untuk sistem <i>shaft sael</i> belum sempurna dan keadaan air belum bersih sehingga diadakan perbaikan.	24	21
3	10-09-09	Terjadi pengendoran baut pada <i>sliding ring</i> sehingga terjadi gesekandan dilakukan perbaikan kembali.	24	21

Tabel 2. Data maintenance *Counter Ring*

No	Tanggal	Deskripsi	Repair Time (hours)	Eff.Re pair Time
1	03-03-09	Terjadi peurunan <i>pressure</i> dan debit <i>suplai</i> air karena pemasangan, perbaikan, pada <i>Shaft Seal</i>	32	24
2	25-05-09	Kualitas <i>suplai</i> air untuk system <i>shaft sael</i> belum sempurna dan keadaan air belum bersih sehingga dilakukan perbaikan.	24	15
3	10-09-09	Terjadi pengendoran baut <i>sliding ring</i> sehingga terjadi gesekan pada <i>Counter ring</i> dan dilakukan perbaikan .	24	15

Dengan demikian *estimasi* dari *ULT* yang ke $n+1$ adalah seperti dalam tabel berikut :

Tabel 3. *Forecasting MTBF Shaft Seal*

NO	Tanggal	Aktual (hari)	MTBF	e-ACT	ULT-n+1 (hari)
1	28-Jan-09	-	-	-	-
2	3-Maret-09	34	34	0	34,00

3	25-Mei-09	84	59	0,30	76,56
4	10-Sept-09	109	75	0,31	98,39

Dengan ULT_4 forecasting = 98,39 hari maka dapat diketahui hari perbaikan selanjutnya (*Preventive Maintenance*) dilaksanakan pada 20 Maret 2010.

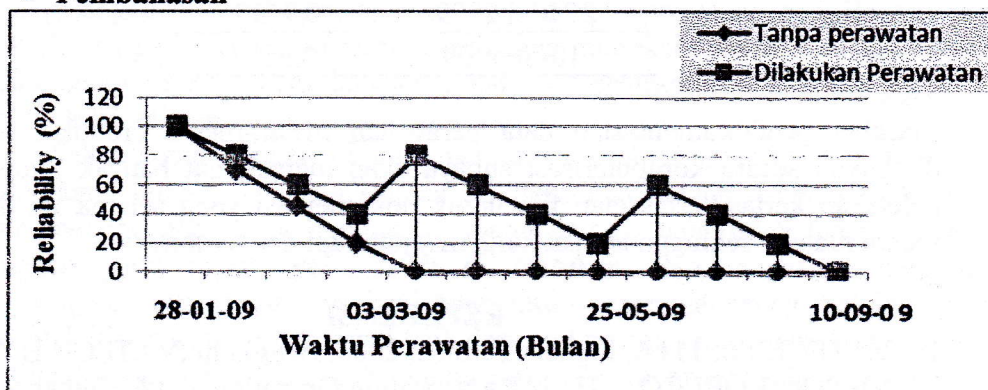
Tabel 4. Forecasting MTTR Sliding Ring

No	Tanggal	Actual (hours)	MTTR	e-act	MTTM-n+1 (hours)
1	28-Jan-09	-	-	-	-
2	3-Maret-09	32	32	0	32,0
3	25-Mei-09	21	26,5	0,3323	1,10
4	10-Sept-09	21	24,666	0,6947	1,9995

Tabel 5. Forecasting MTTR Counter Ring

No	Tanggal	Actual (hours)	MTTR	e-act	MTTM-n+1 (hours)
1	28-Jan-09	-	-	-	-
2	3-Maret-09	24	24	0	24,0
3	25-Mei-09	15	19,5	-0,1958	0,9458
4	10-Sept-09	15	18	0,9458	1,4593

• Pembahasan



Gambar 3. Grafik keandalan Shaft Seal

Grafik keandalan *Shaft Seal* diatas merupakan gambaran dari *useful life time* yang pertama dimana pada tanggal 03 maret 2009 dilakukan *repair* (perbaikan) semenjak tanggal instalasi. Sedang trend garis selanjutnya merupakan *useful life time* yang kedua dimana dilakukan *perbaikan* (*repair*). pada tanggal 25 mei 2009, terlihat dari grafik diatas dari pemasangan pertama *Shaft Seal* memiliki nilai *reliability* 100% lalu nilai *reliability* tersebut menurun hingga hari ke-34 tanggal (03 maret 2009) sebesar 0,9844. kemudian dilakukan perawatan pertama pada hari ke-84 (tanggal 25 Mei 2009) dan nilai *reliability* menjadi 0,9619. setelah dilakukan perawatan pertama dalam periode umur komponen selama 109 hari nilai *reliability* turun kembali mejadi 0,9527. Dari *Forecasting* yang dilakukan maka *Breakdown maintenance* nilai keandalan menurun berdasarkan waktu serta

semakin sering dilakukan perawatan maka akan semakin besar pula nilai keandalan dari peralatan tersebut. Berdasarkan analisa waktu waktu dilakukan Breakdown maintenance diperoleh *failure rate* untuk *ULT 1*= 34,000,*ULT 2*= 91,5322,*ULT 3*= 22,8523. Serta hasil perhitungan waktu keandalan tertentu diperoleh keandalan pada *Shaft Seal* antara period of time pengamatan dengan jumlah *cumulative failure* untuk satu sistem selama *working life time*-nya masih repairable yaitu dari tanggal 28 Januari 2009 sampai dengan tanggal 10 September 2009 dengan nilai 109 hari/kerusakan, serta laju kerusakan *Shaft Seal* yaitu 0,027 kerusakan/ hari. Nilai keandalan menurun berdasarkan waktu serta semakin sering dilakukan perawatan maka akan semakin besar pula nilai keandalan dari peralatan tersebut

PENUTUP

KESIMPULAN

- Berdasarkan analisa waktu dilakukan Breakdown maintenance diperoleh *failure rate* 0.027 kerusakan/hari
- Hasil forecasting yang dilakukan maka Breakdown maintenance selanjutnya dilakukan pada tanggal 20 maret 2010, dengan waktu rata-rata perawatan diprediksi 1 jam 28 menit.
- Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh *reliability* sistem sebagai berikut:

Tanggal	keandalan
03 maret 2009	0,9844
25 Mei 2009	0,9619.
10-Sept-09	0,9527

SARAN

Masalah pendokumentasian data perawatan mesin-mesin produksi sebaiknya dilakukan secara komputerisasi supaya akan menghemat banyak tempat untuk peletakan kertas-kertas atau file untuk dokumentasi yang selama ini dilakukan secara manual sehingga tempat kerja menjadi rapi dan teratur.

REFERENSI

1. VATECH Lot 111A, Francis Turbine, 2006, Bengkulu :VATECH HYDRO
2. NIPPON KOEI CO.,LTD.JAPAN, Station Operation and Maitenance manual, Agust 2006, Bengkulu : NIPPON KOEI CO.,LTD.JAPAN.
3. PT.Va Tech Indonesia. 2005. Musi Hydroelectric Power Project Hydroulic Turbines and Auxiliary Equipment LOT IIIA K130.031033 Operating & Maintenance Instructions. PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero).
4. Ebeling, C.E.: "Optimal Stock levels and Service Channel Allocations in a Multi-item Repairable Asset Inventory System